

· 综述与进展 ·

中国近海建筑砂矿床特征

曹雪晴, 谭启新, 张 勇, 姜玉池, 原晓军

(青岛海洋地质研究所, 山东 青岛 266071)

摘 要: 分析研究了我国现已探明的近海建筑砂矿床勘查资料, 对建筑用海砂矿床进行了地质分类和工业分类, 对我国已探明的近海建筑砂矿床的分布、矿体特征和矿石特征进行了综述。并就不同类型近海建筑用砂矿床矿例进行了解剖, 为今后建筑用砂矿的找矿及资源评价工作提供了依据和借鉴, 对建筑用海砂矿床的对比研究以及开发环境保护等方面具有较大的现实意义。

关键词: 中国近海; 建筑用海砂矿; 矿床特征; 地质分类; 矿体

中图分类号: P619.22⁺8

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2007)02-0164-07

Characteristics of construction marine sand deposits in offshore area of China

CAO Xue-qing, TAN Qi-xin, ZHANG Yong, JIANG Yu-chi and YUAN Xiao-jun

(Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China)

Abstract: Based on the data of the construction marine sand deposits along the offshore area of China, the authors have classified the construction marine sand deposits in line with geological and industrial classification principles and summarized the information of these deposits such as their distribution, characteristics of the construction marine sand bodies and ore characteristics from the investigated marine sand deposits along the offshore area of China. This paper classifies the types of deposits based on some typical ore bodies. The results will be helpful not only to the surveying and evaluation of the new construction marine sand deposits but also to the protection of the environment as well as to the comparative study of marine aggregates in the world.

Key words: offshore area of China; construction marine sand deposit; deposit characteristics; geological classification; ore body

海洋砂矿主要是在海洋水动力等因素的作用下, 具有工业价值的重矿物在有利于富集的海底地貌部位形成的一种固体矿产资源(谭启新, 1998)。建筑用海砂是指分布于海岸和近海、以中砂和粗砂为主、包括部分细砂和砾石的砂质堆积。海砂分选良好, 品质优良, 可以作为海洋工程用料使用, 经脱盐后的海砂可作为建筑集料使用, 广泛用于城市建设、公路、铁路和桥梁等混凝土结构建筑(王圣洁等,

1997)。世界上发达国家纷纷大力推进海砂资源的开发, 海砂在建筑砂砾石资源利用中的比重也越来越大。如英国、日本、荷兰等为代表的 30 多个沿海国家于 20 世纪初、中期就已经开始利用近海建筑砂资源, 特别是 20 世纪 80 年代以来, 各国陆地建筑用砂源减少, 加之环境保护的压力, 迫使各国重新认识近海海砂资源的潜力。海砂资源以其分布广泛、资源丰富、分选好、品质优良、海上运输方便、开采较少

收稿日期: 2006-06-15; 修订日期: 2006-09-21

基金项目: 国土资源部中国近海海砂及相关资源潜力调查专项资助(国土资发[2004]295号)

作者简介: 曹雪晴(1968-), 男, 高级工程师, 主要从事海洋固体矿产、海洋环境工程地质等研究, E-mail: caoxq@vip.sina.com。

影响到周围环境,能够保证区域可持续发展的优势而获得普遍的关注。各国根据实际情况,对海砂分布、矿床类型、开采技术、开采对环境的影响等方面的问题进行了不同程度的综合研究,显著提高了海砂开发利用的认识(Narumi *et al.*, 1989; Dao Keming, 1993; Bobrowsky *et al.*, 1996; Wang Shengjie, 2001; Boyd *et al.*, 2003)。

我国海砂资源调查始于20世纪60年代,但仅限于滨岸带海砂的勘查评价。80年代开始对近海建筑砂矿进行勘查评价,特别是90年代中后期,由于国内外市场的需求,驱动了我国近海建筑用砂矿床的勘查与开发,并陆续探明了几十处矿床。谭启新等(1988)在全面收集、整理我国滨海(包括部分浅海)砂矿调研成果的基础上,对我国滨海砂矿成矿地质背景、砂矿分布、矿床特征、成矿控制因素、成矿规律等方面进行了论述,并对成矿远景进行了区划。1996年,王圣洁等开始了海砂研究,相继完成了《我国海砂资源潜力评价》和《CCOP海砂资源数字编图》项目,结合我国近海地质资料的分析后指出,中国海砂主要来自海岸带、近岸浅海和陆架3个海洋地貌分区,其中,海岸带、近岸浅海和陆架海砂的估算资源量分别为 $35.88 \times 10^8 \text{ m}^3 \sim 53.82 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $66.51 \times 10^8 \text{ m}^3 \sim 101.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $66.95 \times 10^8 \text{ m}^3$ (王圣洁等, 1997; 杨子庚等, 1997; Wang Shengjie, 2001; 王圣洁等, 2003)。迟洪纪等(2001)对山东省滨海砂矿成矿规律及远景区划进行了研究,提出了砂矿的分布与滨海带的基岩性质、海岸带类型、地貌、水系、水动力条件、海底底质等密切相关。方长青等(2002)对山东省近海砂矿资源类型划分及开发前景进行分析,指出了近海砂矿主要是在海水动力条件下由于机械沉积分异作用,使陆源碎屑中的有用矿物富集而成。石玉臣等(2004)根据山东省近海砂矿产出的宏观海洋环境、矿种、形成时代、成矿作用和微地貌形态等要素,将山东省近海砂矿划分为2大类、13类、32亚类。李广雪等(2005)等在现有工作的基础上,结合最新近海沉积调查资料,系统编制了中国近海沉积环境图,为系统进行中国近海海砂,特别是中国近海建筑海砂的研究提供了坚实的基础。

由于我国海岸线漫长,海洋地质构造复杂,海砂矿床类型繁多,目前还没有对我国近海海砂矿床进行详细分类的研究。与国外相比,我国建筑用海砂相关的研究及开发还相对滞后。对我国近海建筑用砂矿床特征进行研究,不仅能丰富我国近海沉积体

系以及有用矿床的研究,同时还能为我国建筑用砂开发拓展新的领域,对我国近海海砂资源的调查评价与勘查开发也具有一定的指导意义,可以提高找矿的有效性和开采工艺的合理性,减少经济风险;再次,通过对不同类型矿床形成、赋存条件及水动力环境的研究,可以制定环境保护的有效措施,防止海砂开采对环境的负面影响。本文在系统收集我国27处已探明的近海建筑砂矿床资料的基础上,对它们进行了深入分析,提出了我国近海建筑砂矿床特征及分类体系,并根据实例进行了论述,较为系统地展示了我国近海建筑用海砂矿床的成因类型及特征。

1 近海建筑用砂矿床类型

近海系指现今高海面至水深 $200 \text{ m} \pm$ 的滨海及浅海海域(石玉臣等, 2004),滨海包括古海岸带和现代海岸带。按海岸带综合地质勘查规范,海岸带是指自高潮线向陆延伸不少于 10 km 、向海延伸至 15 m 水深的狭长地带(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 1988);浅海一般自浪(波)基面(水深约 $15 \sim 20 \text{ m}$)起算,下限以海水深度 200 m 为划分界限(冯士筭, 1999)。近海建筑用砂矿床分类有地质分类和工业分类两种分类。

1.1 地质分类

地质分类是依据成矿控制因素的分类,可分为单一成矿控制因素分类和综合成矿控制因素分类。

1.1.1 单一成矿控制因素分类

主要有据成矿时代的分类、据成矿主要动力条件的分类、据矿体赋存地貌单元的分类。

(1) 据成矿时代的分类

全新世近海建筑砂矿:指全新世以来在近海形成的砂矿床,亦称现代近海建筑砂矿。

更新世近海建筑砂矿:指全新世以前形成,后经一定程度的改造,位于现今海平面之下的建筑砂矿,亦称古近海建筑砂矿。

(2) 据成矿主要动力条件的分类

潮流型:在近海波浪或潮流作用下形成的砂矿,如现今已探明的潮流沙脊型砂矿。

残留型:指被现今海水淹没的各种古陆相砂矿,如古风成沙丘砂矿、古冲积河谷砂矿、残坡积砂矿等。受海侵进程的改造形成的砂矿,其砂质主要来自于古陆而区别于现代海砂矿。

冲-海积型:由河流和潮汐、潮流、波浪等动力因素

共同作用形成的砂矿,如三角洲砂矿、滨海型砂矿。

(3) 据矿体赋存地貌单元分类

沙脊(沙堤、沙坝、沙丘、沙席)型形成与海侵和潮流活动密切相关。强潮流活动可形成较大的砂矿床。

冲刷槽型:低海面时期的河流沉积物经潮流强烈冲刷和改造而成。冲刷槽深达数十米至上百米。

三角洲型:由海陆水动力的交互作用而成,砂矿体通常赋存于河口沙坝中。

河谷型:主要是晚更新世以前,低海面时期径流形成的矿床。

滨海型:滨海包括古海岸带和现今海岸带,这里

提及的海岸带范围是指海岸带的水下部分,即自高潮线向海延伸至水深 15 m 的海域内。

1.1.2 综合成矿控制因素的分类

综合成矿控制因素分类是根据海砂矿床形成的成矿时代、成矿动力条件、矿体赋存地貌单元的综合分类,即:成矿时期+成矿动力因素+矿体赋存地貌单元(如现代潮流沙脊矿床)或成矿期+矿体赋存地貌单元(如古河谷砂矿床)。综合分类比较客观地反映了砂矿形成的主要控矿因素和内在联系,是我国目前通常采用的一种分类。

我国近海建筑砂矿矿床的地质分类见表 1。

表 1 中国近海建筑砂矿床的地质分类表

Table 1 Geological classification of construction sand deposits in offshore area of China

依据	类型	中国近海建筑砂矿床矿例
单一成矿因素		
成矿时代	全新世(Q ₄ 、现代) 更新世(Q ₁₋₃ 、古)	山东长岛县庙岛南部海域 浙江舟山嵛山洋海域
成矿动力条件	潮流型 残留型 冲-海积型	福建南日岛海域 浙江温州洞头县大门岛海域 山东胶州湾外海域
矿体赋存地貌单元	沙脊(沙堤、沙坝、沙丘)型 冲刷槽型 河谷型 滨海(海岸)型	广东龙穴水道与矾石水道间海域 浙江宁波北仑港附近海域 山东海阳千里岩东北海域 福建惠安泉州海域
综合成矿因素		
成矿期+动力因素+ 赋存地貌或成矿期+ 矿体赋存地貌	全新世(现代)潮流沙脊型 更新世(古)潮流沙脊型 全新世(现代)潮流冲刷槽型 全新世(现代)三角洲型 更新世(古)三角洲型 全新世(现代)潮间、浅滩型 更新世(古)岸线型 更新世(古)河谷型	辽宁李官庄镇白沙山西北海域 浙江舟山岛西北端两侧和长白岛海域 广东湛江市东海岛北与南三岛西南海域 广东省珠江口外伶仃水道 福建省惠安泉州海域 山东日照市石臼奎山咀-虎山以东海域 山东千里岩东北海域

1.2 建筑砂矿的工业分类

建筑用海砂已经广泛应用于建筑、交通、水工等工程中,基于我国建筑业的发展和对建筑工程质量的重视,我国于 1993 年制定了“建筑用砂标准”,后来为了进一步适应国内外市场的需求,于 2001 年对建筑用砂的标准进行了修订(中华人民共和国质量监督检验检疫总局 2001)。该标准按砂的细度模数对天然砂(含淡化海砂)进行了规格划分,按细度模数分为 3 种规格,即:粗 3.7~3.1,中 3.0~2.3,细 2.2~1.6,按技术要求分为 3 类:I 类适用于强度等级大于 C60 的混凝土,II 类适用于强度等级 C30~C60 的混凝土和建筑砂浆,III 类适用于强度等级小于 C30 的混凝土和建筑砂浆。同时,对各类砂的颗

粒级配、含泥量、有害物质(云母、轻物质、有机质、硫化物及硫酸盐、氯化物含量)做了明确规定,其中颗粒级配要求见表 2。

表 2 建筑用砂颗粒级配表

Table 2 Grain grades of construction sand

级配区	累计筛余/%		
	I 类	II 类	III 类
9.50 mm	0	0	0
4.75 mm	10~0	10~0	10~0
2.36 mm	35~5	25~5	15~5
1.18 mm	65~35	50~10	25~0
600 μm	85~71	70~41	40~16
300 μm	95~80	92~70	85~55
150 μm	100~90	100~90	100~90

2 近海建筑砂矿床特征综述

2.1 矿床分布

我国现已探明的近海建筑砂矿主要分布在辽宁、山东、浙江、福建和广东省近海海域,据不完全统计共计 27 处,查明资源约计 20×10^8 (图 1、表 3)。

2.2 矿床特征

现已探明的近海建筑砂矿床分布水深一般小于 10 m,部分矿床水深介于 10~35 m 之间,个别水深可达 40~119 m,如浙江舟山群岛一带海域的全新世潮流冲刷槽型砂矿床和更新世河谷型埋藏砂矿床。砂矿床距离现今海岸线一般小于 5 km,仅有少量矿区的离岸距离大于 5 km,如山东海阳千里岩东北海域更新世河谷型埋藏砂矿床岸距达 25 km。建筑砂矿床有全新世潮流沙脊型、全新世潮流冲刷槽型、现代及古三角洲沙坝型、现代及古滨海型、更新世古河谷型。现已探明的矿床以大型为主,个别为中型矿床。

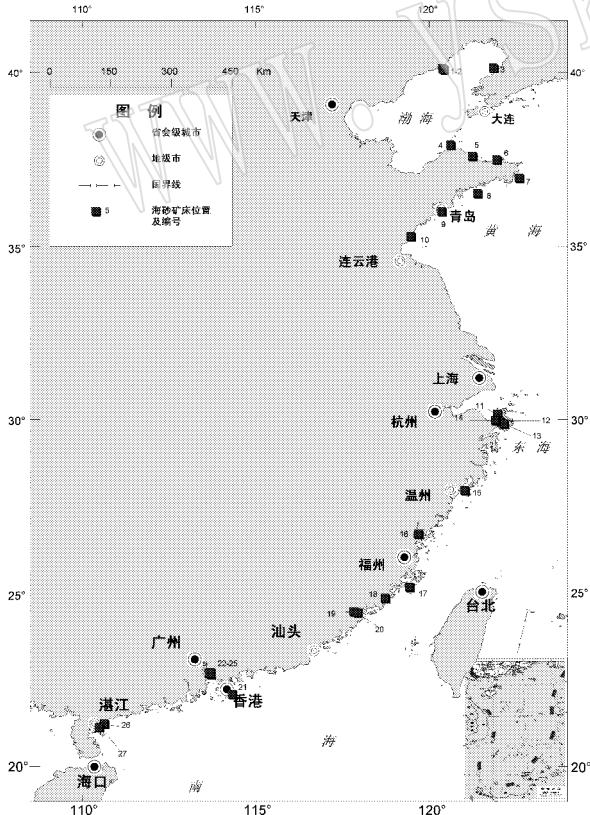


图 1 中国近海建筑砂矿体分布示意图

Fig. 1 Sketch map showing distribution of construction marine sand deposits in offshore area of China

2.3 矿体特征

海砂矿体赋存于第四系全新统和更新统松散沉积层中,矿体赋存的地貌单元主要有沙脊、沙堤、沙坝、沙丘、沙席、冲刷槽、三角洲以及古河谷等。一个矿床往往由多个矿体组成。矿体形态一般比较简单,呈层状、似层状、透镜状等。矿体连续性好,延伸较大,其长轴方向往往与水动力方向一致,如潮流沙脊型砂矿往往与海岸线方向平行展布,而古河谷型砂矿则往往与河谷走向一致,如山东千里岩砂矿体与古河谷均呈近南北向展布。矿体规模一般较大,长达数千米,宽数百米,厚度数米至数十米,如浙江省宁波北仑港砂矿体厚达 30 多米,矿体产状一般较为平缓,倾角 $1 \sim 3^\circ$,与海底坡角基本一致。

全新世潮流沙脊型矿体一般裸露于海底表层,如辽宁瓦房店李官镇白沙山西北海域海砂矿、山东省烟台市长岛县庙岛南部海域海砂矿等。古滨海型、古三角洲型、古河谷型、潮流冲刷槽型等建筑砂矿体上部覆盖为近代海底淤泥或粉砂质粘土、粉砂层,覆盖层厚 4~15 m 不等,如山东省日照市石臼奎山咀以南海域砂矿床覆盖层厚度厚 4 m,广东省珠江口外伶仃岛海域矿体埋深 3.6~14.5 m,广东省珠江口外龙穴水道矿体埋深 5~9 m。矿体中伴有一个或多个夹层,夹层一般为砂质粘土或粘土质粉砂,夹层厚度 1 至数米不等,如广东省珠江口外伶仃岛海域矿体夹层厚 1.2~4.5 m。

2.4 矿石特征

现已探明建筑砂矿床的矿石类型有砂砾、砾砂、粗砂、中粗砂、中细砂、细砂等,但以粗砂、中砂、中粗砂为主,其细度模数介于 3.7~1.6 之间,满足建筑用砂粗、中、细规格。

矿石无胶结,多呈松散状,主要矿石矿物为石英,含量 50%~80%,部分含量达 95% 以上,如福建省惠安泉州海域砂矿床。其次是长石,含量一般小于 50%。现已发现的碎屑矿物达 50 种以上,多为轻矿物,约占 90% 以上,重矿物含量一般小于 10%,主要有锆石、石榴石、磁铁矿、钛铁矿、金红石、独居石、磷钇矿、榍石等数十种,含量一般较低,在已探明的建筑砂矿床中,尚未发现重矿物含量达到工业边界品位者。矿物的磨圆度和分选性取决于矿床的成因和搬运距离,海积成因者其分选性和磨圆度较好。

矿石主要化学成分为 SiO_2 ,含量为 80%~97%,其次为 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 等。矿石密度和松散程度因矿区不同而异,矿石密度一般为 1.59~

表3 中国近海建筑砂矿床分布及特征简表(据国土资源部开发司资料)

Table 3 Distributions and characteristics of the construction marine sand deposits in offshore area of China (from the Ministry of Land and Resources)

矿床编号	地理位置	岸距/km	水深/m	矿石类型	矿床类型	矿床规模
1	辽宁省绥中六股河河口外海域	<5	<10		全新世三角洲水下沙坝型	
2	辽宁省绥中六股河河口南部海域	3.0~5	<10		全新世三角洲水下沙坝型	
3	辽宁省瓦房店李官镇白沙山西北海域	18	6~9	中砂	全新世潮流沙脊(席)型	大型
4	山东省烟台市长岛县庙岛南部海域	4	12	中粗砂	全新世潮流沙脊型	中型
5	山东省烟台经济技术开发区以北近海海域	1~2	12~20	中粗砂、中细砂	全新世潮流沙脊型	大型
6	山东省威海市双岛湾入海口处	0~3.5	0~5	中细砂、细砂	全新世潮流沙脊型	中型
7	山东省荣成桑沟湾东浅海海域	5	10~20	砾砂	全新世潮流沙脊型	
8	山东省海阳千里岩东北海域	25	25~30	中砂	更新世(古)河谷埋藏型	大型
9	山东省青岛市胶州湾外海域	5	>12	砾砂、中砂	更新世(古)河谷埋藏型 全新世潮流沙脊型	大型
10	山东省日照奎山嘴南-虎山以东海域	5	8~12	中细砂、细砂	更新世(古)三角洲型	大型
11	浙江省舟山市西端和长白山岛附近海域	1~5	35~46	砾砂、粗砂	全新世潮流冲刷槽型	大型
12	浙江省舟山西蟹西南和摘箬山以南海域	0.4~3	47~119	砾砂、粗砂	全新世潮流冲刷槽型	大型
13	浙江省舟山市崎头洋海域	1.5~4	28~80	中砂、粗砂	全新世潮流冲刷槽型	大型
14	浙江省宁波北仑港区附近海域	1~2	40~70	中粗砂、中细砂、细砂	全新世潮流冲刷槽型	大型
15	浙江省温州洞头县大门岛海域	1~4	0.9~7.5	中细砂	全新世潮流沙脊	大型
16	福建省沙湾官井洋白马门口海域	<5	<5	细砂	全新世三角洲型	
17	福建省南日岛海域	<5	<10	中砂、细砂	全新世潮流沙脊	中型
18	福建省惠安县泉州湾海域	1~2	3.0~10	中砂、细砂	全新世潮间带浅滩型	大型
19	福建省九龙江口外海域	<5	<10		全新世潮间带浅滩型	大型
20	福建省九龙江海门岛西北海域	<5	<10		全新世潮间带浅滩型	
21	广东省珠江口伶仃岛海域	3	26~30	粗砂、中砂、细砂	更新世(古)岸线型	大型
22	广东省珠江口伶仃水道	2.5	5.0~18	砾砂、粗砂、中砂	更新世(古)三角洲型	大型
23	广东省东莞市沙角水域珠江口龙穴水道	7.5	<5	中粗砂、中细砂	更新世(古)三角洲型	大型
24	广东省伶仃洋沙湾东南、龙穴水道西北水域	4~5	<20	粗砂、中细砂	全新世湾口潮流沙坝型	大型
25	广东省珠江口龙穴水道与矾石水道间水域	12	4.9~8.9	粗砂、中细砂	全新世潮流沙脊型	大型
26	广东省湛江南山礁利剑门海域	<5	<10		全新世潮流沙脊型	
27	广东省湛江市东海岛北、南三岛西南海域	2	2.0~5	粗砂、中砂、细砂	全新世三角洲水下沙坝型	大型

1.75 t/m³, 矿石松散系数为 1.09~1.49, 矿石自然安息角 52°~56.5°。

3 近海建筑砂矿床矿例简述

经对我国现已探明的 27 处近海建筑砂矿床勘查资料的综合分析认为, 全新世潮流沙脊型矿床有 11 处, 全新世潮流冲刷槽型矿床有 4 处, 更新世古三角洲矿床有 2 处, 全新世潮间带浅滩型矿床有 3 处, 更新世古岸线型矿床有 1 处(表 3)。现就全新世潮流沙脊型、潮流冲刷槽型、水下三角洲沙坝型及更新世埋藏河谷型的具代表性矿床简介如下。

3.1 山东省青岛市胶州湾外全新世潮流沙脊型和更新世河谷型砂矿床

矿床位于胶州湾外海域, 矿区中心位置距现今海岸线 5 km, 水深大于 12 m。区内发育有 3 条沙脊和 3 条潮沟, 沙脊分别为北沙沙脊、南沙沙脊和大竹沙脊, 矿床位于北沙沙脊西端。该矿床由上、下 2 层

矿体组成。上层矿体赋存于第四系全新统下层海陆交互层地层中, 矿体为厚层状, 呈北西-南东向展布, 长 7 000 m, 最大宽度 3 000 m, 平均厚度 7.9 m, 矿石类型为黄色粗砂、含砾粗砂、砾砂, 细度模数为 3.1~4.6。局部层段上部覆盖 4.5 m 厚的黑色淤泥层, 砂层是海侵初期海陆过渡沉积相后经海流改造而成, 长石、石英颗粒磨圆度和分选较好, 含粘粒较少。下层矿体赋存于第四系上更新统冲-洪积地层中, 矿体成厚层状, 呈北西-南东向展布, 长 7 000 m, 最大宽度 5 000 m, 最窄处 800 m, 平均厚度 14 m, 产状近于水平, 矿石类型为粗砂、含砾粗砂。粘粒含量为 0.5%~3%, 该层矿为陆相成因, 由河流冲积、洪积而成, 碎屑矿物磨圆和分选程度不如上层矿好, 粘粒含量较上层矿高。该矿床重矿物含量、微量元素含量、稀土元素含量均达不到工业要求, 放射性含量平均为 0.26 Bq/kg, 小于标准 1 Bq/kg 的要求。矿石密度 1.88~1.91 t/m³, 松散系数 1.2~1.29, 自然安息角为 33.5°~37.4°。该矿床为一大型矿床, 上层

矿为第四纪全新世潮流沙脊型砂矿,下层矿为第四纪更新世河谷型砂矿。

3.2 浙江省舟山山东海域全新世潮流冲刷槽型砂矿床

矿床位于浙江省定海区舟山岛西端两侧的册子岛和长白岛附近海域。区内岛屿众多,形成宽窄不一的海水通道,在强烈的潮流冲刷下形成了水深变化较大的侵蚀冲刷槽和深潭,冲刷槽水深30~70 m不等,宽1.5~2.5 m。矿床由3个矿体组成,单个矿体面积为 $90 \times 10^4 \sim 300 \times 10^4 \text{ m}^2$,厚15~16 m,矿区水深35~46 m。每个矿体由上中下3个矿层组成,矿体赋存于冲刷槽内第四系全新统砾砂分布区内,矿体分布方向与冲刷槽方向一致,呈NNE-SSW、NW-SE或E-W向展布。上层矿以砾石和粗砂为主,厚3.4~3.8 m,矿层一般直接裸露于海底表层。中层矿以粗砂为主,含部分中细砂和少量砾石,厚8.0~8.6 m,埋深11.8~12 m。下层矿以粗砂为主,含部分中细砂,厚度大于3 m,埋深大于12 m。海砂矿形成的物质基础为晚更新世冰期河流相砂砾层,在全新世冰后期以来,在特定的狭窄水道中,由强烈的潮流侵蚀冲刷作用改造而成。该矿床为一大型矿床,为全新世潮流冲刷槽型砂矿床。

3.3 广东省湛江市坡头村大散和公沙海域全新世三角洲水下沙坝型砂矿床

矿床位于湛江市东海岛以北、南三岛西南海域,南部为湛江水道,矿区水深0.7~2.2 m。矿床位于三角洲潮汐浅滩上的水下沙坝地貌单元中,现已探明I号和II号矿体,两个矿体均直接出露海底表层。I号矿体分布在矿区北部大散海域,呈层状,近水平产出,长1100 m,宽700 m,厚6.8~9.9 m,平均厚度8.45 m。矿石类型以中粗砂为主,细度模数0.9~3.2,含泥量平均为9.8%,矿体中间一层夹石,岩性为浅灰色粘土,厚1.3 m。II号矿体分布在矿区南部公沙海域,呈层状,近水平产出,长700 m,宽600 m,厚5.3~8.0 m。矿石类型以中、细砂为主,部分为粗砂,细度模数为0.7~2.4,含泥量平均为6.31%。主要重矿物有钛铁矿、锆石、金红石、锐钛矿、白钛石、海绿石、电气石、磁铁矿、独居石等,均达不到工业要求的边界品位。矿石化学成分以 SiO_2 为主,其含量为88.23%~91.68%,其次为 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 等。矿石密度平均为 1.597 t/m^3 ,松散系数1.13,自然安息角 $53^\circ 48'$ 。该矿床为一大型矿床,形成于第四系全新统沉积层中,位于三角洲潮汐浅滩上的水下沙坝中,矿物以石英为主,含少量贝壳碎

片,属海陆过渡环境中三角洲水下沙坝型沉积矿床。

3.4 山东省海阳千里岩更新世(古)河谷埋藏型建筑砂矿床

矿床位于山东省海阳千里岩以东海域,离岸距离25 km,水深20~35 m。根据浅地层剖面资料,区内有3条呈近南北向分布的古河谷砂体,由西向东分别为I、II、III号,I号砂体分布水深22~23 m,长22 km,宽470~550 m,厚约7 m,上覆泥层厚度7~10 m;II号砂体水深25~35 m,长38 km,宽200~420 m,厚约4~8 m,上覆泥层厚度9~12 m;III号矿体水深25~35 m,砂体长42 km,宽180~450 m,厚约1.5~5.5 m,上覆泥层厚度7~11.7 m。区内现在已经提交储量的仅有III-1号矿体,矿区水深20.8~28 m,矿体呈较稳定的席状或层状展布,矿体产状平缓,最大厚度5.3 m,最小1.6 m,平均3 m。矿石类型以中砂为主,主要矿物为石英、长石,重矿物有磁铁矿、锆石、刚玉、磷灰石、金红石等,含量一般较低,其中锆石含量最高,但也仅为 450.5 g/m^3 ,达不到工业要求。该矿床为一大型建筑砂矿床,矿体形成于第四纪更新世的河谷中,砂级碎屑沉积物一般磨圆较好,大部分呈圆状-次棱角状,分选中-差,其特征与现代河流砂类似。该矿床为一更新世河谷型建筑砂矿床。

4 结论

(1)我国近海建筑用砂矿可从两大方面进行分类,即地质分类和工业分类。地质分类又可分为单一成矿控制因素分类和综合成矿控制因素分类,而后者更能全面地反映建筑用海砂矿的成矿机制和内在联系,是值得推广的分类法,可以作为找矿及评价砂矿的依据。工业分类是依据国标GB/T14684-2001“建筑用砂标准”进行的分类,该分类按砂的细度模数分为粗中细3种规格,并按技术要求分为I、II、III三类,同时规定了级配与有害物质含量,是建筑用海砂矿的工业评价依据。

(2)据不完全统计,我国现已探明近海建筑砂矿床27处,查明资源约 $20 \times 10^8 \text{ t}$ 。这些矿床主要分布于水深10 m以内、岸距小于10 km的近岸海域。矿床规模以大型为主。矿床类型多为全新世潮流沙脊型,此外有全新世潮流冲刷槽型、全新世潮间带浅滩型、更新世古岸线型、现代或古三角洲型、古河道埋藏型等。矿石类型以中、粗砂为主,少量为细砂。

细度模数为粗、中、细3种规格,且以前二者为主。已探明的建筑用砂矿床中,含各类重矿物达50多种,但其含量均未达到工业要求的边界品位。

(3)我国近海建筑用砂矿床类型的研究,不仅丰富了近海沉积体系及矿产等方面的基础研究,而且可以为建筑用砂找矿、资源评价以及开采工艺的确定提供借鉴及帮助,对海砂开发环境的保护也具有较大的实际意义。

致谢 中国地质科学院矿产资源研究所吴必豪研究员审阅全稿并提供了宝贵意见,谨致谢意!

References

- Bobrowsky P T, Massey N W D and Matheson A. 1996. Aggregate Resource Potential of the Prince George Area [Z]. Ministry of Employment and Investment Open Files, (24).
- Boyd S E and Rees H L. 2003. An examination of the spatial scale of impact on the marine benthos arising from marine aggregate extraction in the central English Channel [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, (57):1~16.
- Chi Hongji, Li Xiuzhang, Zheng Zuoping. 2001. Littoral pacers forming rule and prospecting division in Shandong Province [J]. *Shandong Geology*, 17(5):24~31 (in Chinese with English abstract).
- Dao Keming. 1993. The potential for development of offshore construction sand and gravel in East Asia [Z]. UN ESCAP Technical Report.
- Fang Changqing, Yin Sufang, Sun Ligong, et al. 2002. Type and exploration future of offshore sand mineral resource in Shandong province [J]. *Shandong Geology*, 18(6):26~32 (in Chinese).
- Feng Shizuo. 1999. An Introduction to Marine Science [M]. Beijing: Higher Education Publishing House (in Chinese).
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. 1988. Code of comprehensive geological exploration and survey in the coastal zone (GB/T 10202-1988) [S] (in Chinese).
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. 2001. Sand for building (GB/T 14684-2001) [S] (in Chinese).
- Li Guangxue and Yang Zigeng. 2005. Research of Formation Environment of the Seafloor Sediment in the East China Seas [M]. Beijing: Science Press, 3~16 (in Chinese).
- Narumi Y and Sekine A. 1989. Deep sea aggregate mining technology in Japan [J]. *Rock Products*, (1):5~12.
- Shi Yuchen, Fang Changqing, Liu Changchun, et al. 2004. Classification and characteristics of the coastal and offshore placer deposits in Shandong [J]. *Marine Geology and Quaternary Geology*, 24(2):89~93 (in Chinese with abstract).
- Tan Qixin. 1998. Marine placer of China [J]. *Geology in China*, 25(4):24~26 (in Chinese).
- Tan Qixin and Sun Yan. 1988. Littoral Placer Deposits in China [M]. Beijing: Science Press, 9~11 (in Chinese).
- Wang Shengjie. 2001. Research on marine aggregate resources in China [J]. *CCOP Newsletter*, (26):20~24.
- Wang Shengjie and Liu Xiqing. 1997. Potential prospect of marine aggregate resources in China [J]. *Marine Geology Letters*, 18(11):1~3 (in Chinese).
- Wang Shengjie, Liu Xiqing, Dai Qinfen, et al. 2003. Distribution characteristics of marine aggregate resources and potential prospect in China [J]. *Marine Geology and Quaternary Geology*, 23(3):83~89 (in Chinese with abstract).
- Yang Zigeng and Wang Shengjie. 1997. Marine sands Dredging [J]. *Marine Geology Letters*, 18(12):7~11 (in Chinese).

附中文参考文献

- 迟洪纪, 李秀章, 郑作平. 2001. 山东省滨海砂矿成矿规律及远景区划 [J]. *山东地质*, 17(5):24~31.
- 方长青, 尹素芳, 孙立功, 等. 2002. 山东省近海砂矿资源类型划分及开发前景 [J]. *山东地质*, 18(6):26~32.
- 冯士笈. 1999. 海洋科学导论 [M]. 北京: 高等教育出版社.
- 李广雪, 杨子庚. 2005. 中国东部海域海底底质沉积环境成因研究 [M]. 北京: 科学出版社, 3~16.
- 石玉臣, 方长青, 刘长春, 等. 2004. 山东省近海砂矿分类及其基本特征 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 24(2):89~93.
- 谭启新. 1998. 中国的海洋砂矿 [J]. *中国地质*, 25(4):24~26.
- 谭启新, 孙岩. 1988. 中国滨海砂矿 [M]. 北京: 科学出版社, 9~11.
- 王圣洁, 刘锡清. 1997. 滨浅海沉积砂、砾石资源的利用潜力 [J]. *海洋地质动态*, 18(11):1~3.
- 王圣洁, 刘锡清, 戴勤奋, 等. 2003. 中国海砂资源分布特征及找矿方向 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 23(3):83~89.
- 杨子庚, 王圣洁. 1997. 关于海洋采砂业 [J]. *海洋地质动态*, 18(12):7~11.
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 1988. 海岸带综合地质勘查规范 (GB/T 10202-1988) [S].
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 2001. 建筑用砂 (GB/T 14684-2001) [S].